

낙동강수계 기존 유량측정망 평가

Evaluation for Current Discharge Measurement Network for Nakdong River Basin

김용석*, 박배경**, 박재범***, 강두기****, 신현석*****

Jae Beom Park, Du Kee Kang, Yong-Seok Kim, Bae-Kyeong Park, Hyun Suk Shin

요 지

최적유역관리 및 수질개선을 목표로 시행되고 있는 오염총량관리제도의 실질적인 효과를 달성하기 위해서는 해당 유역의 현황, 오염물질 배출특성 규명, 기준유량 및 기준수질의 산정이 요구되며, 하천 수리·수문·수질 모형화를 위한 장기간의 수질·유량 변동의 조사 및 분석이 선차적인 과제이다. 환경부는 오염총량관리제의 효율적인 추진을 위해 2004년 8월부터 현재까지 8일 간격(30회 이상/년)으로 오염총량관리 단위유역 41개 지점과 시도요구 6개 지점 등 총 47개의 지점에 대해 직·간접적으로 유량자료를 생성하고 있다. 이에 따라 관측한 수질 및 유량 자료는 단위유역별 오염부하량 산정, 삭감부하량 할당 및 이행평가에 활용하고 있는 상태이다. 또한 건설교통부, 수자원공사 등의 수문관측 기관에서는 도산, 낙동, 금호 등의 단위유역 지점에 대한 유량측정을 실시하여 주요 수자원계획시 기초자료로 활용하고 있다.

본 연구는 낙동강 유역의 기존 건설교통부, 수자원공사 관측망 측정지점에 대한 자료의 결측수 및 결측율, 수위-유량 관계곡선식 등의 정확도를 표준오차 및 불확실도를 정량적으로 산정하여 유량측정결과와 오염총량파리를 위한 이용 가능성을 평가 및 소개하고자 한다.

핵심용어: 낙동강, 결측수 및 결측율, 불확실도, 표준오차, 수위-유량관계 곡선식

1. 서 론

환경부는 오염총량관리제의 효율적인 추진을 위해 2004년 8월부터 현재까지 8일 간격(30회 이상/년)으로 오염총량관리 단위유역 41개 지점과 시도요구 6개 지점 등 총 47개의 지점에 대해 직·간접적으로 유량자료를 생성하고 있다. 관측 자료는 오염총량제를 위한 모형의 보정 및 검증 등에 활용하고 있으나 1년 동안의 유황 분석을 위한 연속적인 유량 및 수위자료의 획득이 실제적으로 불가능한 상태이다. 이에 따라 건설교통부, 수자원공사 등 수문관측 기관에서 관할하고 있는 낙동강수계의 기존 자동 관측망 자료와의 대응수위관계 개발이 필요하다. 본 연구에서는 대응수위관계 개발을 위한 선행과정으로 2년간(2002년 ~ 2003년)의 기존 유량 측정망 자료에 대한 평가를 결측수 및 결측율 및 기존 수위-유량 관계곡선의 정확도에 대한 표준오차 및 불확실도 산정을 통해 수행하였다. 평가기법으로는 'Streamflow Measurement 2nd Edition, Reginland W. Herschy' 및 'ISO/TR 5168'의 내용을 적용하였다. 결측수 및 결측율 산정시 이용한 자료는 수자원관리정보 시스템(WAMIS)에 수록된 42개 지점의 일수위 자료를 이용하여 산정하였으며, 수위-유량관계곡선식은 건교부 유량측정조사보고서를 중심으로 28개 수위 관측소에 대하여 수행하였으며, 기존관측망 평가의 개요도는 그림 1과 같다.

*비회원 · 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 E-mail: scknier@me.go.kr

**비회원 · 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 E-mail: bkpark@me.go.kr

***정회원 · 낙동수환경방제기술원 · 팀장 E-mail: jbpark@nwater.co.kr

****정회원 · 낙동수환경방제기술원 · 대표이사 E-mail: dookee@nwater.co.kr

*****정회원 · 부산대학교 공과대학 토목공학과 부교수 E-mail: hsshin@pusan.ac.kr

2. 연구방법

2.1 개요

건설교통부, 수자원공사, 환경부 등 수문관측 기관에서 관할하고 있는 낙동강수계의 기존 관측망 자료의 연간 결측수 및 결측율을 산정하여 오염총량관리를 위한 유량측정에의 이용 가능성을 정량적으로 평가하였으며, 또한 기존의 수위-유량 관계곡선의 정확도를 표준오차 및 불확실도 산정을 통하여 평가하였다. 결측수와 결측율 산정을 위해 이용한 자료는 수자원관리정보시스템(WAMIS)에 수록된 42개 지점의 일수위 자료를 이용하여 산정하였으며, 수위-유량관계곡선식은 건교부 유량측정조사보고서를 중심으로 28개 수위 관측소에 대하여 수행하였다. 기존관측망 평가의 흐름도는 그림 1과 같다.

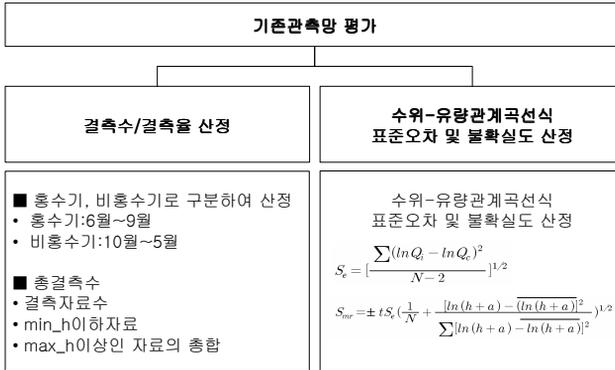


그림 1. 기존관측망 평가 흐름도

2.2 결측수 및 결측율 산정

기존 건설교통부, 수자원공사에서 관리·운영 중인 수위관측망에 대한 결측수 및 결측율의 평가는 홍수기, 비홍수기로 기간을 나누어 산정하여 이를 기준으로 기존관측망에 대한 평가를 수행하였다. 검토시 수집된 자료는 수자원관리 정보시스템(WAMIS)에서 제공되는 일수위 자료로 2002년, 2003년 2년 동안의 자료를 이용하여 결측수 및 결측율을 산정 하였으며, 관측된 자료 중 결측자료는 다음의 항목을 기준으로 산정하였다.

- 일수위 자료의 결측
- 수위-유량 관계식의 범위를 벗어나는 일수위 자료

2.3 수위-유량 관계곡선의 표준오차 및 불확실도 산정

유속계에 의해 하나의 유량을 계산하는 방정식은 유량측정구조물과 같이 수위측정에 대한 불확실도 항목을 포함하지 않는다. 유속계에 의한 측정은 점측정법과 같은 특정 방법을 요구하지만 실제 수위는 필요하지 않다. 그러나 유량의 연속적인 기록이 필요할 경우 대체로 수위-유량관계가 필요하고 측정수위에 대한 불확실도는 인공구조물에 의한 측정처럼 중요하게 된다.

수위-유량관계에 의해 생성된 자료에 대한 불확실도는 식 1을 이용하여 산정한다.

$$S_c = t \left[\frac{\sum (\ln Q_i - \ln Q_c)^2}{N-2} \right]^{1/2} \tag{1}$$

여기서 Q_n 는 유속 계측치, Q_c 는 Q 와 수위-유량관계곡선에 의해서 얻어지는 유량, P_n 는 신뢰도 95%를 만족시키기 위한 검정통계량을 의미한다.

표준오차는 계산되어진 수위-유량관계 곡선과 측정치의 분포정도에 대한 불확실도를 의미하며 신뢰도 95%의 수위-유량관계곡선 상에서 구해진 값에 대한 불확실도는 표준오차로서 백분율을 의미하며 식 2을 이용하여 산정한다.

(2)

3. 연구결과

건설교통부 및 수자원공사 관할 기준관측망 42개소에 대한 결측수 및 결측율을 산정하였다. 결측율 산정결과 2002년의 경우 홍수기의 결측율은 46.78%, 비홍수기의 결측율은 46.58%로 산정되었으며, 2003년의 경우 홍수기는 8.79%, 비홍수기는 42.37%로 산정되었다. 2년 동안의 평균 결측율은 홍수기, 비홍수기 동안 각각 22.12%, 43.85%로 산정되었다. 이 중 2002년 홍수기와 비홍수기의 결측율이 차이를 보이지 않는 이유는 2002년 자료 중 24개소의 자료가 9월 한달 동안의 자료만 제공되고 있기 때문에 홍수기를 정확히 대표한다고 할 수 없다. 표준오차 및 불확실도 산정은 관측소 지점을 상류 지점을 금호강 상류지역, 중류는 적포교~금호강, 하류는 적포교 하류 지역으로 구분하여 각각 홍수기, 비홍수기로 구분하여 산정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

표 1. 기준 관측망 자료 결측수 및 결측율 산정

지점	년도	구분	결측율 (%)	지점	년도	구분	결측율 (%)	지점	년도	구분	결측율 (%)	지점	년도	구분	결측율 (%)				
구포	02	홍수	0.00	양산	02	홍수	0.00	안동	02	홍수	95.08	개진	02	홍수	73.33				
		비홍수	15.22			비홍수	15.22			비홍수	37.25			비홍수	15.22				
	03	홍수	0.82		03	홍수	0.82		03	홍수	0.00		03	홍수	0.00	03	홍수	0.00	
		비홍수	0.00			비홍수	39.09			비홍수	0.41			비홍수	69.08				
	금호	02	홍수		0.00	왜관	02		홍수	3.33	안의		02	홍수	97.54	거창1	02	홍수	0.00
			비홍수		15.22				비홍수	78.26				비홍수	90.20			비홍수	0.41
03		홍수	2.46	03	홍수		0.82	03	홍수	1.64		03	홍수	0.00	03		홍수	0.00	
		비홍수	70.78		비홍수		60.91		비홍수	52.67			비홍수	1.23					
길안		02	홍수	0.00	사별		02	홍수	3.33	영양		02	홍수	29.51	거창2		02	홍수	5.74
			비홍수	15.22				비홍수	92.39				비홍수	16.87				비홍수	91.77
	03	홍수	0.82	03		홍수	0.82	03	홍수		12.30	03	홍수	63.93		03	홍수	63.93	
		비홍수	39.09			비홍수	39.09		비홍수		37.45		비홍수	88.89					
	김천	02	홍수	50.00		산청	02	홍수	96.72		용곡	02	홍수	90.00		고령교	02	홍수	13.33
			비홍수	100.00				비홍수	71.90				비홍수	100.00				비홍수	95.65
03		홍수	7.38	03	홍수		0.82	03	홍수	77.87		03	홍수	5.74	03		홍수	83.95	
		비홍수	88.07		비홍수		39.09		비홍수	97.94			비홍수	83.95					
낙동		02	비홍수	13.33	삼가		02	비홍수	95.90	임해진		02	비홍수	16.67	구미		02	비홍수	3.33
			홍수	93.48				홍수	38.56				홍수	96.74				홍수	86.96
	03	비홍수	0.82	03		비홍수	0.00	03	비홍수		4.10	03	비홍수	4.92		03	비홍수	4.92	
		홍수	39.09			홍수	0.41		홍수		85.19		홍수	44.44					
	남강댐	02	비홍수	0.00		삼랑진	02	비홍수	3.33		임천	02	비홍수	95.90		진주	02	비홍수	95.90
			홍수	0.00				홍수	15.22				홍수	38.56				홍수	38.56
03		비홍수	0.00	03	비홍수		0.82	03	비홍수	0.00		03	비홍수	0.00	03		비홍수	0.00	
		홍수	0.00		홍수		41.56		홍수	0.41			홍수	0.41					

표 1. 기존 관측망 자료 결측수 및 결측율 산정(계속)

지점	년도	구분	결측율 (%)	지점	년도	구분	결측율 (%)	지점	년도	구분	결측율 (%)	지점	년도	구분	결측율 (%)			
달지	02	비홍수	3.33	선산	02	비홍수	73.33	임하	02	비홍수	9.84	청송	02	비홍수	0.00			
		홍수	72.83			홍수	100.00			홍수	0.41			홍수	11.11			
	03	비홍수	1.64		03	비홍수	36.89		03	비홍수	9.84		03	비홍수	17.21	03	비홍수	15.64
		홍수	53.91			홍수	95.88			홍수	1.65			홍수	15.64			
도산	02	비홍수	72.13	성서	02	비홍수	33.33	적포교	02	비홍수	3.33	함양	02	비홍수	96.67			
		홍수	94.65			홍수	100.00			홍수	89.13			홍수	1.09			
	03	홍수	0.00		03	홍수	54.10		03	홍수	2.46		03	홍수	0.00	03	홍수	0.00
		비홍수	2.47			비홍수	48.97			비홍수	78.19			비홍수	0.41			
마천	02	홍수	95.90	소천	02	홍수	2.46	점촌	02	홍수	16.67	현풍	02	홍수	3.33			
		비홍수	38.56			비홍수	0.41			비홍수	81.52			비홍수	91.30			
	03	홍수	0.00		03	홍수	0.82		03	홍수	14.75		03	홍수	0.82	03	홍수	0.82
		비홍수	0.41			비홍수	13.99			비홍수	80.25			비홍수	84.36			
부성	02	홍수	0.00	수산	02	홍수	3.33	정암	02	홍수	0.00	-	02	홍수	-			
		비홍수	15.22			비홍수	15.22			비홍수	15.22			비홍수	-			
	03	홍수	0.82		03	홍수	2.46		03	홍수	20.49		03	홍수	-	03	홍수	-
		비홍수	39.09			비홍수	74.07			비홍수	39.09			비홍수	-			
밀양	02	홍수	0.00	신안	02	홍수	95.90	지보	02	홍수	0.00	-	02	홍수	-			
		비홍수	39.13			비홍수	38.56			비홍수	15.22			비홍수	-			
	03	홍수	1.64		03	홍수	0.00		03	홍수	0.82		03	홍수	-	03	홍수	-
		비홍수	60.08			비홍수	0.41			비홍수	39.09			비홍수	-			

표 2. 표준오차 및 불확실도 산정결과

구분	홍수기		비홍수기		구분	홍수기		비홍수기	
	불확실도	표준오차	불확실도	표준오차		불확실도	표준오차	불확실도	표준오차
개진2	17.77	55.71	36.52	103.18	김천	5.76	12.45	18.53	60.08
지보	14.60	41.36	30.29	74.50	고령교	19.01	48.81	-	-
길안	2.48	6.58	2011.74	5785.10	금호	9.57	24.93	123.50	351.60
죽고	30.90	87.26	79.07	251.39	밀양	7.86	16.25	31.65	99.11
구미	5.41	16.33	7.77	18.25	무성	25.14	63.31	-	-
화원	113.06	230.93	32.11	115.23	낙동	32.93	98.69	38.23	72.26
하양	9.72	28.30	34.95	96.62	사별	7.76	21.09	20.65	50.10
현풍	3.81	12.07	10.90	30.57	삼랑진	3.69	12.89	38.13	93.65
일선교	16.55	43.57	34.37	66.99	성서	22.45	99.26	23.72	105.41
임해진	10.88	30.49	19.23	59.45	성주	-	-	27.06	71.91
점촌	2.85	8.96	14.68	36.84	선산	14.69	42.48	46.88	129.32
진동	1.28	4.66	23.77	64.66	왜관	23.90	65.45	108.33	177.91
적포교	15.27	36.61	15.27	57.27	양산	15.14	41.24	457.96	974.91
정암	24.83	69.88	-	-	용곡	2.46	7.64	19.79	59.32
거룡강	160.51	283.53	368.38	875.04	-	-	-	-	-

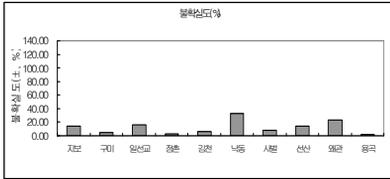


그림 2. 불확실도 분석결과(상류, 비홍수기)

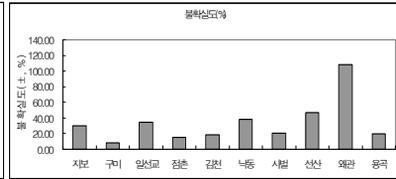


그림 3. 불확실도 분석결과(상류, 홍수기)

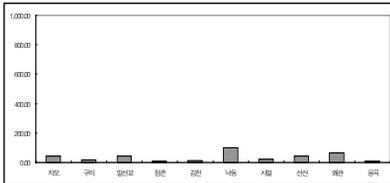


그림 4. 표준오차 분석결과(상류, 비홍수기)

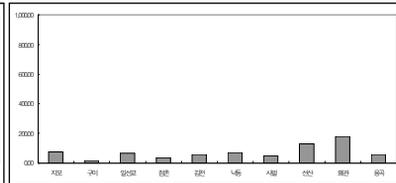


그림 5. 표준오차 분석결과(상류, 홍수기)

4. 결론

본 연구는 오염총량관리제도의 성공적인 시행을 위한 낙동강수계 기존 유량측정망 자료에 대한 활용가능성에 대한 평가를 수행하였다. 2년 동안의 평균 결측율은 홍수기, 비홍수기 동안 22.12%, 43.85%로 산정되었으며 상류, 중류, 하류에 대한 수위-유량관계곡선의 표준오차 및 불확도 산정결과 일부지점을 제외하고는 약 10% 정도의 결과를 보였다. 측정지점간의 수문학적 위치검토를 통해 중복지점에 대한 기존 자동 관측망과의 대위수위관계를 개발한다면 수년 동안의 유황분석을 위한 연속적인 유량 및 수위자료의 획득이 가능할 것이다.

참고문헌

1. Reginald W.Hersch(1995). Streamflow Measurement. E&FN SPON
2. 건설교통부, 2007. 제2회 수문관측 심포지움.
3. 낙동강물환경연구소, 2007. 오염총량관리를 위한 '07 낙동강수계 유량측정사업 최종 보고서.
4. 낙동강수계관리위원회, 2004. 낙동강수계 주요지점 유량측정망 구축을 위한 세부추진계획.